

◆ 濒危植物 ◆

中国特有植物水松的主要营养成分分析*

徐坚旺^{1,2}, 唐健民², 邹蓉^{2**}, 韦霄², 蒋运生², 韦记青²

(1. 桂林医学院药学院, 广西桂林 541004; 2. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西植物功能物质与资源持续利用重点实验室, 广西桂林 541006)

摘要:为探究水松(*Glyptostrobus pensilis*)叶和枝的营养价值和开发潜力,本研究提取并分析水松叶和枝的基本营养物质、矿质元素和氨基酸含量,并对其氨基酸营养价值进行分析、评价。结果显示:(1)除蛋白质含量为水松枝比叶高外,干物质、灰分、粗纤维、总黄酮、维生素 E 以及维生素 C 均为叶中含量较高。(2)叶和枝中均检测出 16 种氨基酸,其中有 7 种必需氨基酸。枝的异亮氨酸和亮氨酸含量高于叶。(3)叶的必需氨基酸比值系数分(Score of Ratio Coefficient of Essential Amino Acid, SRC)比枝高,为 64.952,表明叶中氨基酸营养价值较枝高。(4)常量元素中的 K、Ca、N 含量在水松叶和枝中较高,其中 Ca 的含量在叶和枝中均最高,并且叶的 Ca 含量高于枝,为 7 980.00 mg/kg。(5)微量元素中的 Al、Fe 含量在水松叶和枝中较高,叶中 Al、Zn 含量均高于枝的含量,分别为 19.700 和 1.180 mg/kg;枝中 Fe 含量高于叶含量,为 26.700 mg/kg。本研究分析了水松叶和枝中营养成分的特点,为水松作为木本饲料和水松衍生产品开发提供了基础资料。

关键词:水松;营养成分;氨基酸;矿质元素;枝和叶

中图分类号:Q946.91;Q946.1 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2024)01-0167-08

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20240417.016

水松(*Glyptostrobus pensilis*)系柏科(Cupressaceae)水松属(*Glyptostrobus*)植物,是著名的植物化石和珍稀的孑遗植物,被列为国家一级保护野生植物。同位素测定结果显示,水松在 2.2 亿年前就已存在,极具科研价值^[1],特别是在研究柏科植物的系统

发育、古植物学和第四纪冰川气候等方面。水松喜温暖潮湿,强阳性,忌冷怕旱,不耐庇荫,因具有一定的抗盐能力、生长较快、根系发达、材质优良、耐水湿等优点,是防风固堤和建筑板材的优选树种^[2]。水松在我国主要分布在广东省的珠江三角洲地区、福建省中

收稿日期:2023-07-04

修回日期:2023-08-15

* 国家重点研发计划项目(2022YFF1300703),国家自然科学基金项目(32160091,32060248),中国科学院“西部之光”计划(2022),广西林业科技推广示范项目(2023LYKJ03,[2022]GT23),广西植物功能物质与持续利用重点实验室自主项目(ZRJ2022-2),桂林市创新平台和人才计划(20210102-3)资助。

【第一作者简介】

徐坚旺(1998—),男,在读硕士研究生,主要从事珍稀药用植物有效成分和营养成分研究。

【**通信作者简介】

邹蓉(1980—),女,副研究员,主要从事保护生物学研究,E-mail:175183030@qq.com。

【引用本文】

徐坚旺,唐健民,邹蓉,等.中国特有植物水松的主要营养成分分析[J].广西科学,2024,31(1):167-174.

XU J W, TANG J M, ZOU R, et al. Analysis of the Main Nutrient Components of the Chinese Endemic Plant *Glyptostrobus pensilis* [J]. Guangxi Sciences, 2024, 31(1): 167-174.

部及闽江的下游地区和江西省东北部,少量分布在广西、湖南、云南等地^[3]。水松不仅具有科研和材用价值,还有一定的药用价值,其枝、叶及球果在民间用药中具有治疗风湿性关节炎、皮炎、高血压等作用。水松的干白皮外用可杀虫止痒,治疗烫伤^[4]。研究表明,水松叶中富含黄酮类化合物,其苷元以槲皮素为主^[5-7],槲皮素具有抗氧化、抗癌、抗病毒等药理作用^[8-11],槲皮素所属的黄酮类化合物则具有抗菌、抗心肌缺血、提高免疫、抗炎、抗风湿、抗肿瘤以及降糖等药理活性^[12-15]。

卞克明等^[16]发现松叶粉含粗蛋白6%—12%、粗脂肪9%—12%、粗纤维25%—29%,同时还含有各种氨基酸、维生素和矿质元素等,将其作为肉鸡的饲料添加剂,可提高其成活率。新鲜的松叶无毒副作用,含有丰富的营养成分,饲喂禽畜后,可提高肉鸡质量和产蛋率;使猪的体质健壮,提高瘦肉率;促进奶牛产奶等;制成松叶饮品,长期饮用可预防人体缺乏维生素而引起的各种疾病^[17]。为了明晰水松的基本营养成分和元素,促进其在保护中开发、在开发中保护,需要对其不同部位的营养成分展开研究,明确水松叶和枝条部位之间的营养价值特点,以促进资源经济最大化,防止造成不必要的浪费和污染。目前水松的化学以及营养成分相关研究较少,本研究在前人研究的基础上,测定水松的基本营养成分、金属元素、氨基酸和维生素等,并对水松营养价值进行评价,为水松作为木本饲料和相关衍生产品开发提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料于2022年4月采自广西桂林市雁山区大埠乡大岗埠水松成年植株的叶和枝。由中国科学院广西植物研究所韦霄研究员鉴定为柏科水松属水松(*Glyptostrobus pensilis*)。

1.2 仪器

QE-100型高速粉碎机(浙江屹立工贸有限公司);高效液相色谱系统[沃特世科技(上海)有限公司];电子天平[梅特勒托利多科技(中国)有限公司];双光束扫描紫外可见分光光度计[赛默飞世尔科技(中国)有限公司];L-8900氨基酸分析仪(日本日立公司);全自动凯氏定氮仪(济南海能仪器有限公司);CR22G高速冷冻离心机(日本日立公司);X7Series等离子体质谱仪[赛默飞世尔科技(中国)有限公司];ZEEEnit700原子吸收光谱仪(德国耶拿分析仪器股

份公司);SA-10原子荧光形态分析仪(北京吉天仪器有限公司);IRIS Intrepid等离子体发射光谱仪[赛默飞世尔科技(中国)有限公司];水浴锅(上海精学科学仪器有限公司);SA-10原子荧光形态分析仪(北京吉天仪器有限公司);TU-1810紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)。

1.3 方法

1.3.1 材料预处理

将水松的叶和枝手工洗净后,共同置于烘箱中,60℃烘干至恒重,再使用粉碎机进行粉碎,过60目筛,得到样品粉末。

1.3.2 基本营养成分和氨基酸的测定

采用我国食品营养成分国家标准分析方法,对水松枝和叶两个部位的灰分、蛋白质、氨基酸等进行检测。采用超声波提取法获得水松枝或叶的总浸膏;干物质(直接干燥法,GB 5009.3—2016);脂肪(索氏抽提法,GB 5009.6—2016);灰分(重量法,GB 5009.4—2016);总糖(酸水解-莱因-埃农氏法,GB 5009.8—2016);蛋白质(凯氏定氮法,GB 5009.5—2016);粗纤维(重量法,GB/T 8310—2013);总黄酮(分光光度法,SN/T 4592—2016);维生素C(高效液相色谱法,GB 5009.86—2016);维生素E(反相高效液相色谱法,GB 5009.82—2016);氨基酸(氨基酸自动分析仪,GB/T 5009.124—2016)。

1.3.3 矿质元素的测定

称取1.00g水松叶和枝的样品粉末分别置于消解管中,加入5.0mL的HNO₃和2.0mL H₂O₂,在微波消解仪进行消解。待消解完毕,将消解管置于赶酸仪中赶酸,用2%的HNO₃定容,待测。K、Ca、Mg、Na、Al、Fe、Zn、Cu、P采用电感耦合等离子体发射光谱仪测定,Se、N等矿质元素采用等离子体质谱仪测定。每种样品重复测定3次,取平均值。

1.4 氨基酸营养价值评价方法

采用氨基酸比值系数法,对水松叶和枝进行必需氨基酸营养价值评价。以世界卫生组织和联合国粮食及农业组织(World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, WHO/FAO)所提供的必需氨基酸模式为标准,计算出必需氨基酸比值(Ratio of Essential Amino Acids, RAA)、样品中所有必需氨基酸比值的平均值(Mean Value of RAA, RAA)、必需氨基酸比值系数(Essential Amino Acid Ratio Coefficient, RC)、所有必需氨基酸比值系数平均值(Mean Value

of RC , \overline{RC}), RC 变异系数 (Coefficient of Variation of RC , CV)、各必需氨基酸比值系数 RC 的标准差 (Standard Deviation of RC , SD)、必需氨基酸比值系数分 (Score of Ratio Coefficient of Essential Amino Acid, SRC)。其中 $RC < 1$, 表明该种氨基酸含量相对不足; $RC > 1$, 表明该种氨基酸含量相对过剩。 SRC 主要是将样品中氨基酸的组成比例与 WHO/FAO 推荐模式相互比较, 并计算出相应数值, 当 $SRC = 100$ 时, 则表示样品中氨基酸的组成比例与 WHO/FAO 推荐模式一致, 其蛋白质的营养价值较高; 当 $SRC < 100$ 且数值越小时, 则样品中氨基酸的组成比例与 WHO/FAO 推荐模式相差越大, 其蛋白质的营养价值越低。

计算方法如下:

$$RAA = \frac{\text{样品中某必需氨基酸含量}}{\text{WHO/FAO 模式中该必需氨基酸含量}},$$

$$RC = \frac{RAA}{RAA},$$

$$SRC = (1 - CV) \times 100\%,$$

$$CV = \frac{SD}{RC}.$$

表 1 水松叶、枝中基本营养物质的组成及含量

Table 1 The composition and content of basic nutrients in the leaf and branch of *G. pensilis*

	干物质/ (g/100 g) Dry matter/ (g/100 g)	蛋白质/ (g/100 g) Protein/ (g/100 g)	脂肪/ (g/100 g) Fat/ (g/100 g)	灰分/ (g/100 g) Ash/ (g/100 g)	总糖/ (g/100 g) Total sugar/ (g/100 g)	粗纤维/ (g/100 g) Crude fiber/ (g/100 g)	总黄酮/ (g/100 g) Total flavonoids/ (g/100 g)	维生素 C/ (mg/100 g) Vitamin C/ (mg/100 g)	维生素 E/ (mg/100 g) Vitamin E/ (mg/100 g)
Leaf	31.70±0.22	2.26±0.06	1.90±0.16	2.10±0.04	0.72±0.20	9.50±0.09	0.86±0.02	50.20±1.69	8.54±0.31
Branch	30.40±0.18	2.42±0.03	1.80±0.07	1.90±0.02	0.66±0.12	8.50±0.22	0.68±0.04	44.00±1.36	6.46±0.12
<i>P</i> value	0.003	0.026	0.448	0.003	0.732	0.004	0.006	0.016	0.001

2.2 水松叶、枝中氨基酸的组成及含量

2.2.1 氨基酸含量分析

由表 2 可知, 在水松的叶和枝中均检测出 16 种氨基酸, 其中含有 7 种必需氨基酸。叶和枝的氨基酸总量分别为 1.766、2.024 g/100 g, 必需氨基酸总量分别为 0.748、0.854 g/100 g, 两组数据均不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。从两个部位中检测出的氨基酸种类相同, 并且大部分种类的氨基酸在两个部位中的含量不存在显著差异, 只有异亮氨酸和亮氨酸在枝中的含量显著高于在叶中的含量。叶和枝中含量最高的必需氨基酸均为亮氨酸 (Leu), 分别为 0.170、0.200 g/100 g。叶中必需氨基酸总量/氨基酸总量 (EAA/TAA) 和必需氨基酸总量/非必需氨基酸总量

1.5 数据处理

采用 Excel 2016 软件进行数据统计, 采用 SPSS 27.0.1 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 水松叶、枝基本营养成分的组成及含量

由表 1 可知, 水松叶的脂肪和总糖 (转化糖, 以葡萄糖记) 含量分别为 1.90、0.72 g/100 g; 枝脂肪和总糖 (转化糖, 以葡萄糖记) 含量分别为 1.80、0.66 g/100 g, 两部位的脂肪和总糖 (转化糖, 以葡萄糖记) 不存在显著差异; 两部位的干物质、灰分、粗纤维、总黄酮 (以无水芦丁计)、维生素 E 均存在极显著差异 ($P < 0.01$); 蛋白质、维生素 C 存在显著差异 ($P < 0.05$)。水松叶所含干物质、灰分、粗纤维、总黄酮 (以无水芦丁计)、维生素 E、维生素 C 含量高于枝含量; 水松枝所含蛋白质含量较叶高, 其含量为 2.42 g/100 g; 叶和枝中干物质的含量均最高, 粗纤维次之, 总糖 (转化糖, 以葡萄糖记) 含量均最低; 在维生素含量方面, 两个部位维生素 C 的含量均最高, 维生素 E 次之。叶和枝之间所含主要基本营养成分大致相同, 但其成分含量有所差异。

(EAA/NEAA) 均较高, 分别为 42.4% 和 73.5%。

表 2 水松叶、枝中氨基酸的组成及含量

Table 2 The composition and content of amino acid in the leaf and branch of *G. pensilis*

氨基酸 Amino acid	含量/(g/100 g) Content (g/100 g)		<i>P</i> 值 <i>P</i> value
	叶 Leaf	枝 Branch	
Asp	0.190±0.057	0.210±0.008	0.650
Thr *	0.094±0.015	0.110±0.024	0.473
Ser	0.090±0.016	0.100±0.041	0.764
Glu	0.210±0.024	0.240±0.065	0.576
Pro	0.100±0.033	0.120±0.065	0.718

续表

Continued table

氨基酸 Amino acid	含量/(g/100 g) Content/(g/100 g)		P 值 P value
	叶 Leaf	枝 Branch	
Gly	0.110±0.016	0.130±0.057	0.659
Ala	0.120±0.008	0.140±0.024	0.335
Cys	—	—	—
Val *	0.120±0.033	0.130±0.041	0.800
Met *	0.013±0.005	0.014±0.002	0.809
Ile *	0.091±0.005	0.110±0.008	0.048
Leu *	0.170±0.008	0.200±0.008	0.021
Tyr	0.056±0.012	0.063±0.007	0.515
Phe *	0.100±0.041	0.110±0.024	0.926
Lys *	0.160±0.041	0.180±0.049	0.680
His	0.042±0.007	0.047±0.011	0.601
Arg	0.100±0.022	0.120±0.029	0.477
TAA	1.766±0.318	2.024±0.449	0.544
EAA	0.748±0.155	0.854±0.188	0.572
NEAA	1.018±0.163	1.170±0.261	0.524
EAA/TAA(%)	42.4	42.3	
EAA/NEAA(%)	73.5	73.0	

Note: “—” means not detected, * is essential amino acid.

2.2.2 必需氨基酸营养评价

根据 WHO/FAO 推荐模式, 计算出水松叶、枝的必需氨基酸比值(RAA)、必需氨基酸比值系数(RC)、必需氨基酸比值系数分(SRC), 结果见表3。水松的叶和枝中蛋氨酸+半胱氨酸(Met+Cys)的RC均最小且都小于1, 说明这两个部位的蛋氨酸+半胱氨酸(Met+Cys)相对不足, 可作为第一限制氨基酸; 其余必需氨基酸RC均大于1, 表明这些氨基酸含量相对过剩。水松叶的必需氨基酸比值系数较枝高, 为64.952, 表明叶中氨基酸营养价值较枝高。

2.3 水松叶、枝中矿质元素的组成及含量

2.3.1 水松叶、枝中常量元素分析

由表4可知, 水松叶、枝中检测出的常量元素种类相同, 其中K、Ca、N含量相对较高, Ca含量在叶、枝中均最高, 且叶中的含量较高, 为7980.00 mg/kg; Na含量在叶、枝中均最低, 叶中Na含量为15.90 mg/kg, 比枝中Na含量高。两个部位中K、Ca、Mg、N 4种常量元素均存在极显著差异($P < 0.01$), Na、P两种常量元素存在显著差异($P < 0.05$)。枝中K、

N、P含量均比叶中含量高, 分别为1880.00、3900.00、454.00 mg/kg; 叶中Na、Ca、Mg含量均比枝中含量高。

表3 水松叶、枝中必需氨基酸营养评价

Table 3 Nutritional evaluation of essential amino acid in leaf and branch of *G. pensilis*

氨基酸 Amino acid	FAO/WHO 推荐模式 FAO/WHO recommen- dation mode	RAA		RC	
		叶 Leaf	枝 Branch	叶 Leaf	枝 Branch
Thr	40	0.024	0.028	1.073	1.099
Val	50	0.024	0.026	1.096	1.039
Met+Cys	30	0.004	0.004	0.170	0.160
Ile	40	0.023	0.028	1.039	1.099
Leu	70	0.024	0.029	1.109	1.142
Phe+Tyr	60	0.026	0.029	1.187	1.152
Lys	55	0.029	0.033	1.328	1.308
RAA		0.022	0.025		
SRC				64.952	64.840

表4 水松叶、枝中常量元素的组成及含量

Table 4 The composition and content of macroelement in the leaf and branch of *G. pensilis*

常量元素 Macroelement	含量/(mg/kg) Content/(mg/kg)		P 值 P value
	枝中 Leaf	枝 Branch	
K	1710.00±24.49	1880.00±34.29	0.005
Na	15.90±0.44	14.80±0.1	0.027
Ca	7980.00±57.15	6380.00±40.82	0.001
Mg	599.00±18.78	504.00±14.70	0.005
N	3600.00±73.48	3900.00±48.99	0.009
P	376.00±15.51	454.00±17.96	0.010

2.3.2 水松叶、枝中微量元素分析

由表5可知, 水松叶、枝中检测出的微量元素种类相同, 且其中Al、Fe含量相对较高, Fe含量在叶、枝中均最高, 枝中Fe含量较叶高, 其含量为26.700 mg/kg; Se含量在叶、枝中均最低, 枝中Se含量较叶高, 其含量为0.022 mg/kg。叶、枝中微量元素含量由高到低均表现为Fe>Al>Zn>Cu>Se。两个部位中仅有Fe存在极显著差异($P < 0.01$), Al、Zn两种微量元素存在显著差异($P < 0.05$), Cu、Se两种微量元素则无显著差异($P > 0.05$)。叶中Al、Zn含量均高于枝含量, 分别为19.700、1.180 mg/kg; 枝中

Fe 含量高于叶含量,为 26.700 mg/kg。

表 5 水松叶、枝中微量元素的组成及含量

Table 5 The composition and content of microelement in the leaf and branch of *G. pensilis*

微量元素 Microelement	含量/(mg/kg) Content/(mg/kg)		P 值 P value
	叶 Leaf	枝 branch	
Al	19.700±0.735	17.900±0.359	0.036
Fe	26.000±0.114	26.700±0.098	0.003
Zn	1.180±0.033	1.060±0.041	0.031
Cu	0.413±0.019	0.435±0.012	0.238
Se	0.019±0.006	0.022±0.002	0.533

3 讨论

本研究中水松叶所含的干物质、灰分、粗纤维、总黄酮、维生素 E、维生素 C 含量高于枝含量,枝蛋白质含量较叶高。植物中干物质积累越多表示植物中所含的有机物越丰富,所以水松叶中的有机物较枝中丰富。灰分指食物经过高温燃烧,有机物挥发,最后残留下来的无机物质。粗纤维在促进动物胃肠发育、调节肠道微生物菌群、促进动物通便等方面起着重要作用^[18]。叶中灰分较高表示其无机营养元素含量较高。黄酮类化合物具有丰富的药理作用,如抗菌、抗炎、抗癌等,饲喂动物可增强生长性能、提高免疫、促进消化代谢、保持肠道健康^[19-21]。维生素 E 具有抗衰老、保护肝脏、调节血压等作用,有利于提高家畜的繁殖能力^[22-24]。维生素 C 又名抗坏血酸,能促进生长和增强抵抗力,具有抗氧化、抗衰老以及抗癌等药理活性^[25,26],也可提高果蔬采摘后的保鲜效果^[27],缓解动物机体氧化应激,提升免疫力^[28,29]。水松叶中维生素 C 含量为 50.20 mg/100 g,因此可以考虑将水松叶作为维生素 C 来源,进一步开发利用。维生素 C 在不同植物或相同植物的不同部位中的含量往往存在差异,说明维生素 C 的含量分布由遗传和组织特性决定^[30]。强光照可以促进植物维生素 C 的积累,同时也能激活植物中的维生素 C 合成酶,催化维生素 C 合成^[31],因此光照可能是叶中维生素 C 含量较高的原因之一。蛋白质是维持生理活动的基本物质,具有增强免疫、维持代谢等作用,在饲料中添加合适的蛋白可促进禽畜生长,改善肠道环境^[32,33]。蛋白质组成元素的运输主要在枝中完成,这可能是枝中蛋白质含量较高的原因之一。

在水松的叶和枝中均检测出 16 种氨基酸,其中含有 7 种必需氨基酸。在水松叶、枝中,谷氨酸的含量均最高,且枝中含量更高,为 0.240 g/100 g;在各类必需氨基酸中,叶、枝中亮氨酸含量最高,且枝中含量比叶中含量更高,为 0.200 g/100 g。根据 WHO/FAO 提供的蛋白模式,优质蛋白中的 EAA/TAA 应达到 40%,EAA/NEAA 应在 60%以上^[34]。水松叶和枝中的 EAA/TAA 分别为 42.4%和 42.3%,EAA/NEAA 分别为 73.5%、73.0%,因此叶和枝中的蛋白质均为优质蛋白。叶和枝中仅有蛋氨酸+半胱氨酸(Met+Cys)含量相对不足,蛋氨酸不足可能是因为蛋氨酸较少存在于植物中,而广泛分布于动物中^[35];而半胱氨酸不足可能是因为半胱氨酸是不稳定的化合物,可能在测量过程中发生氧化还原或者被破坏从而未被检出。

水松叶、枝中常量元素含量的检测结果表明,两部位的常量元素种类相同,其中的 K、Ca、N 含量在两部位中均较高,且 Ca 含量均最高;叶中的 Ca 含量比枝中高,为 7 980.00 mg/kg;Na 在两部位中的含量均最低,叶中的 Na 含量比枝高,为 15.90 mg/kg。Ca 是机体各种生理活动中必不可少的常量元素,在神经传递、骨骼构成等过程中均具有重要作用^[36-38]。Ca 含量最高的可能原因之一是本研究中的水松叶、枝样本采自广西桂林市雁山区大埠乡,该乡是典型的喀斯特岩溶地貌区,土壤中的 Ca 含量丰富,水松通过对土壤的充分吸收,转运至叶、枝中,实现 Ca 含量的富集。N 是生物生长过程中的重要元素,生物蛋白质合成受 N 元素含量影响明显,N 含量充足时,生物的细胞分裂加快,生长迅速^[39-41]。N 含量在水松叶、枝中分别为 3 600.00、3 900.00 mg/kg,符合叶和枝中蛋白质含量的结果。水松叶、枝中 K 含量分别为 1 710.00、1 880.00 mg/kg;K 集中于生理活动较为活跃的部位,说明枝的生理活动较叶更活跃;枝中的 K 含量较高的原因之一可能是 K 具有增强植物体内物质的转运能力以及促进枝干健壮的作用,故较多存在于植物的枝中。枝的 K/Na 比值较叶高,属于高钾低钠部位,后续可尝试用水松枝开发适用于高血压和心脑血管疾病患者的产品^[42,43]。

在水松的叶、枝中,微量元素 Al、Fe 含量相对较高,并且叶中 Al、Zn 含量均高于枝的含量,分别为 19.700、1.180 mg/kg。其中 Fe 在水松的叶、枝中含量均最高,枝中 Fe 含量比叶中高,为 26.700 mg/kg;Fe 较多存在于植物的叶和茎中,茎是植物体内 Fe 的

重要运输部位,因此这可能是枝中 Fe 含量较叶高的原因之一。Fe 在人体中是非常重要的造血元素,影响植物的正常生理代谢,在禽畜饲料中添加适量 Fe,可促进生长,利于肠道健康^[44,45]。这使得水松枝在作为医药和禽畜饲料的原料方面有着较好的开发方向。植物体内适当的 Al 含量可加强植物对干旱、盐碱等环境胁迫的抗性^[46],水松枝、叶中 Al 含量均较高,该现象说明水松的生长和抗环境胁迫能力较好。

在全球“禁抗”的大趋势下,2020年之后,中国全面禁止在动物饲料中使用抗生素,寻求可替代抗生素的无公害饲料添加剂已经成为畜牧业的当务之急。牛小伟^[47]发现4种松柏科植物均具有一定的抗菌作用,比抗生素更能降低肉鸡血清中肌酐和尿酸的含量,并且副作用较小,在肉鸡日粮中添加适量松柏科植物,可显著提高肉鸡生产性能和肌肉品质。水松叶、枝均含有丰富的营养成分,且具有一定的药用价值,水松叶含有丰富的黄酮,其中具有抗菌能力的黄酮成分有望成为抗生素替代品,同时水松叶、枝含有丰富的 Fe、Zn,因此可以尝试开发为饲料添加剂。

4 结论

本研究通过测定水松叶、枝中的基本营养成分、矿质元素和氨基酸含量,并对其营养价值进行分析,但是其药用价值还需进一步研究。水松叶的干物质、灰分、粗纤维、总黄酮、维生素 E、维生素 C、Ca、Al、Zn 含量均高于枝,水松枝的蛋白质、异亮氨酸、亮氨酸、谷氨酸、K、N、Fe 含量均高于叶。枝的 K/Na 比值较叶高,高钾低钠的营养特征更明显。虽然叶和枝中的蛋白质均为优质蛋白,但是叶的 SRC 较高,即叶中氨基酸营养价值较高。水松叶、枝中丰富的营养成分及其分布特点,可为后续深入开展和开发水松叶、枝禽畜饲料或添加剂提供基础资料。水松也可作为抗肿瘤或抗炎的潜在天然药物,其药用价值在保健、医药等领域具有很大的开发利用空间。通过对水松药用价值和食用价值的发掘,不仅能增加其经济效益,还能促进水松资源的保护和利用。

参考文献

[1] 冯倩. 水松[J]. 百科知识, 2009(10): 49-50.
 [2] 徐英宝, 余醒. 珠江三角洲的水松生长调查[J]. 华南农学院学报, 1980, 1(4): 107-118.
 [3] 吴名川. 水松[J]. 广西植物, 1981(3): 51-52.
 [4] 江苏新医学院. 中药大辞典[M]. 上海: 上海人民出版社, 1977.

[5] 向瑛, 郑庆安, 张灿奎, 等. 水松叶黄酮化合物的研究[J]. 中草药, 2001(7): 14-15.
 [6] 斯纓, 王日韦, 龚复俊, 等. 水松叶的总黄酮含量研究[J]. 武汉植物学研究, 2003, 21(6): 547-549.
 [7] 刘特津, 钟希文, 张文霞, 等. 正交试验法优化水松叶中总黄酮的提取工艺研究[J]. 中国合理用药探索, 2017, 14(1): 4-7.
 [8] REYES-FARIAS M, CARRASCO-POZO C. The anti-cancer effect of quercetin: molecular implications in cancer metabolism [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2019, 20(13): 3177.
 [9] 骆明旭, 罗丹, 赵万红. 槲皮素药理作用研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2014, 23(17): 12-14.
 [10] DI PETRILLO A, ORRÙ G, FAIS A, et al. Quercetin and its derivatives as antiviral potentials: a comprehensive review [J]. Phytotherapy Research: PTR, 2022, 36(1): 266-278.
 [11] 杨颖, 王芸芸, 蒋琦辰. 槲皮素药理作用的研究进展[J]. 特种经济动植物, 2020, 23(5): 24-28.
 [12] 祁建宏, 董芳旭. 黄酮类化合物药理作用研究进展[J]. 北京联合大学学报, 2020, 34(3): 89-92.
 [13] 王溢萍. 黄酮类化合物药理作用的分析[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(70): 151, 166.
 [14] SERAFINI M, PELUSO I, RAGUZZINI A. Flavonoids as anti-inflammatory agents [J]. The Proceedings of the Nutrition Society, 2010, 69(3): 273-278.
 [15] ROMAGNOLO D F, SELMIN O I. Flavonoids and cancer prevention: a review of the evidence [J]. Journal of Nutrition in Gerontology and Geriatrics, 2012, 31(3): 206-238.
 [16] 卞克明, 王道光, 孙守信, 等. 不同营养水平全价肉鸡饲料添加松叶粉对肉鸡生产效果及经济效益的分析[J]. 黑龙江粮油科技, 1997(3): 5-7.
 [17] 高岩. 松叶的开发利用[J]. 中国农学通报, 1987, 3(3): 50-51.
 [18] 孙晓燕, 刘向明, 冷尚集. 饲料中不同粗纤维水平对猪的影响[J]. 中国畜禽种业, 2022, 18(1): 93-94.
 [19] 肖凡. 饲喂不同剂量大豆异黄酮对荷斯坦犊牛生长性能、免疫及血清生化指标的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2020.
 [20] 白齐昌. 沙棘黄酮对绵羊生长性能、消化代谢、瘤胃发酵及血液指标的影响[D]. 晋中: 山西农业大学, 2020.
 [21] 陈庆菊. 柑橘黄酮对断奶仔猪生长性能、抗氧化功能和肠道健康的影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
 [22] 胡梅, 李锋, 贾俊静, 等. 维生素 E 在蛋鸡日粮中的应用[J]. 饲料研究, 2023, 46(6): 117-122.
 [23] 尚迎辉, 解军亮, 张敏. 维生素 E 对乳腺炎奶牛生产性

- 能、血清生化及抗氧化指标的影响[J]. 中国饲料, 2023(10):66-69.
- [24] 商昊,官民凯,苟春阳,等. 不同浓度维生素 E 对沂蒙黑猪精液冷冻保存效果的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2023(11):57-61.
- [25] 苏桂棋,黄和林,蒋娜,等. 维生素 C 的作用及常见不良反应[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(8):120-121,125.
- [26] BÖTTGER F, VALLÉS-MARTÍ A, CAHN L, et al. High-dose intravenous vitamin C, a promising multi-targeting agent in the treatment of cancer [J]. *Journal of Experimental & Clinical Cancer Research: CR*, 2021, 40(1):343.
- [27] 李彩云,李洁,严守雷,等. 抗坏血酸在食品中应用的研究进展[J]. 食品科技, 2021, 46(4):228-232.
- [28] 王典,周克,李颖丽,等. 维生素 C 的功能及其在奶牛养殖中的应用[J]. 中国奶牛, 2023(5):4-8.
- [29] 王红军,聂福彪,周应杰,等. 不同饲料添加剂对山羊体重和血清生化指标的影响[J]. 甘肃畜牧兽医, 2022, 52(9):37-41.
- [30] DAVEY M W, VAN MONTAGU M, INZÉ D, et al. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 80(7):825-860.
- [31] 安华明,陈力耕,樊卫国,等. 高等植物中维生素 C 的功能、合成及代谢研究进展[J]. 植物学通报, 2004, 39(5):608-617.
- [32] 侯磊. 无抗饲料蛋白质水平对仔猪生长、肠道健康和养分沉积的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2021.
- [33] 李红丽. 不同能量与蛋白水平饲料对牦牛育肥后期生长性能、血清生化指标及瘤胃发酵参数的影响[D]. 西宁:青海大学, 2022.
- [34] 冯耐红,侯东辉,杨成元,等. 不同品种小米主要营养成分及氨基酸组分评价[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8):224-229.
- [35] 王冉,周岩民. 动物蛋氨酸营养研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 1999(4):27-30.
- [36] FRAZIER H N, MAIMAITI S, ANDERSON K L, et al. Calcium's role as nuanced modulator of cellular physiology in the brain [J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2017, 483(4):981-987.
- [37] BLANCHARD J. Calcium and osteoporosis: some caveats and pleas [J]. *Calcified Tissue International*, 1989, 44(2):67-68.
- [38] 严智,赵天全,王恩任. 钙离子在创伤性脑损伤中的致病机制研究[J]. 中华神经创伤外科电子杂志, 2019, 5(6):373-376.
- [39] 刘连涛,李存东,孙红春,等. 氮素营养水平对棉花不同部位叶片衰老的生理效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5):910-914.
- [40] 宋春风,徐坤. 芋对氮磷钾吸收分配规律的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(4):403-406.
- [41] 刘虎. 牦牛能氮利用效率和瘤胃细菌组成对日粮能量水平的响应[D]. 兰州:兰州大学, 2022.
- [42] OZEMEK C, LADDU D R, ARENA R, et al. The role of diet for prevention and management of hypertension [J]. *Current Opinion in Cardiology*, 2018, 33(4):388-393.
- [43] 王青. 中国高血压和心脑血管事件预防的高钾低钠饮食战略[J]. 科学通报, 2011, 56(16):1322-1326.
- [44] 雷凯文. 饲料铁添加水平对黄羽肉鸡生长、抗氧化和肠道屏障的影响[D]. 成都:西南民族大学, 2022.
- [45] 李晨阳. 日粮铁浓度对生长育肥猪生长性能、后肠菌群结构及其代谢产物的影响研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2021.
- [46] 褚志云,袁素霞,祁惠,等. 铝离子对八仙花生生长发育影响的研究进展[J]. 分子植物育种, 2023, 21(13):4438-4443.
- [47] 牛小伟. 松柏提取物对肉鸡生产性能和肉品质的影响[D]. 郑州:河南工业大学, 2019.

Analysis of the Main Nutrient Components of the Chinese Endemic Plant *Glyptostrobus pensilis*

XU Jianwang^{1,2}, TANG Jianmin², ZOU Rong^{2**}, WEI Xiao², JIANG Yunsheng², WEI Jiqing²

(1. College of Pharmacy, Guilin Medical University, Guilin, Guangxi, 541004, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Plant Functional Substances and Sustainable Utilization of Resources, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China)

Abstract: In order to explore the nutritional value and development potential of leaves and branches of *Glyptostrobus pensilis*, the contents of basic nutrients, mineral elements and amino acids in leaves and branches of *G. pensilis* were analyzed, and the nutritional value of amino acids was further evaluated. The results showed that: (1) Except for the protein content, the dry matter, ash, crude fiber, total flavonoids, vitamin E and vitamin C in leaves were higher than those in *G. pensilis* branches. (2) In total of 16 amino acids were detected in leaves and branches, including 7 essential amino acids. The contents of isoleucine and leucine in branches were higher than those in leaves. (3) The Score of Ratio Coefficient of Essential Amino Acids (SRC) in leaves was higher than that in branches, and the SRC value was 64.952, the results showed that the nutritional value of amino acids in leaves was higher than that in branches. (4) The contents of K, Ca and N in leaves and branches of *G. pensilis* were relatively high, and the contents of Ca in leaves and branches were the highest, and the content of Ca in leaves was higher than that in branches, with a content of 7 980.00 mg/kg. (5) The contents of trace elements Al and Fe in leaves and branches of *G. pensilis* were relatively high, and the contents of Al and Zn in leaves were higher than those in branches, which were 19.700 mg/kg and 1.180 mg/kg respectively. The content of Fe in branches was higher than that in leaves, which was 26.700 mg/kg. According to the characteristics of nutrients in leaves and branches of *G. pensilis*, basic data were provided for the development of *G. pensilis* as woody feed and related products.

Key words: *Glyptostrobus pensilis*; nutritive composition; amino acid; mineral element; branches and leaves

责任编辑: 陆雁, 陈少凡



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>